

Année Académique 2023-2024

Atomes et Molécules - L3

CM: **Tommaso Roscilde** (tommaso.roskilde@ens-lyon.fr)

TDs: **David Amans** (david.amans@univ-lyon1.fr)

Clara Montagnon (clara.montagnon@ens-lyon.fr)

Thomas Niehaus (thomas.niehaus@univ-lyon1.fr)

Andrew Pell (andrew.pell@ens-lyon.fr)

Web-page: <https://sites.google.com/site/roskilde/home/teaching/atomes-et-molecules-l3>

cours en 13 séances de CM + 13 séances de TD — en français (*or in English, upon request*)

Description du cours

La compréhension de la physique des atomes et des molécules représente un des triomphes de la mécanique quantique, et un pré-requis fondamental pour la compréhension de la physique et chimie des milieux denses (solides, liquides), de l'interaction lumière-matière, etc.

Dans ce cours nous allons explorer les bases de la description quantique des atomes et molécules; et des méthodes spectroscopiques qui servent comme sondes fondamentales pour le monde microscopique.

Schéma du cours

- 1) Atome d'hydrogène / atomes hydrogénoïdes : equation de Schrödinger et structure principale;
- 2) Atome d'hydrogène: effets relativistes (couplage spin-orbit, correction relativiste à l'énergie cinétique, terme de Darwin) et structure fine;
- 3) Théorie des perturbations dépendante du temps, règle d'or de Fermi: les bases de la spectroscopie;
- 4) Approximation de dipole; règles de sélection et structure fine;
- 5) Décalage de Lamb; structure hyperfine de l'atome d'hydrogène; règles de sélection;
- 6) Atome d'Hélium; spectroscopie de l'Hélium;
- 7) Atomes poly-électroniques: approximation du champ central, approximation d'Hartree-Fock; règles de remplissage, règles de sélection;
- 8) Molécules diatomiques: approximation de Born-Oppenheimer; rotations et vibrations;
- 9) Molécules diatomiques: propriétés électroniques.

Séances de TD

Les séances de TD seront animées entièrement pas les étudiant.e.s, motivé.e.s (on espère!) par le système des **TD-points**. Chacune des question de chacune des 14 feuilles de TD peut apporter des TD-points, que tout.te étudiant.e peut récupérer à condition de:

- préparer la solution à la question la veille de la séance de TD;
- prendre en photo / scanner la solution écrite;
- se porter volontaire à discuter la solution des questions que vous avez réussi à faire devant ses collègues, en déposant le scan/photo de la solution dans la boîte à lettre virtuelle (<https://etudes.ens-lyon.fr/course/view.php?id=323>) de l'enseignant de son groupe de TD **avant dimanche soir 20h**. Dans votre mail, il faut spécifier clairement pour quelles questions de la feuilles de TD on se porte volontaire;
- être présent.e lors de la séance de TD correspondante.

La totalité des TD-points accumulé pendant le semestre sera en suite convertie en point bonus sur la note finale, jusqu'à **4 points** au total (dans la situation idéale où vous vous portez volontaires à discuter toutes les questions de toutes les feuilles).

ATTENTION: vos solutions écrites ne sont pas corrigées par l'enseignant de TD, et elles n'ont pas besoin d'être correctes pour que le TD-points vous soient attribués! Mais ça va sans dire que ce n'est pas trop intéressant de se porter volontaire pour discuter la solution d'un exercice, si on l'a résolu sans vraiment réfléchir...

Pre-réquis

Mécanique quantique L3

Examen(s) et note finale

Le cours prévoit un *partiel* — dans la forme d'un *devoir-maison* — vers la 7ème semaine. L'*examen final* sera un écrit de 3h. Les notes du partiel et de l'examen final seront moyennées pour donner la note finale seulement si la note moyenne est supérieure à celle de l'examen final. A cette note s'ajouteront les TD-points.

Bibliographie

La littérature sur la physique atomique et moléculaire est très vaste. Voici quelques exemples de livres bien pédagogiques:

B. H. Bransden and C. J. Joachain, *Physics of Atoms and Molecules* (2nd edition), Pearson Education, 2003;

C. J. Foot, *Atomic Physics*, Oxford University Press, 2005;

W. Demtröder, *Atoms, Molecules and Photons* (3rd edition), Springer, 2018.

et voici quelques lectures plus avancées:

C. Cohen-Tannoudji and D. Guéry-Odelin, *Advances in Atomic Physics: an Overview*, World Scientific, 2011.

M. Inguscio and L. Fallani, *Atomics Physics: Precision Measurements and Ultracold Matter*, Oxford, 2013.